

MICRO DESIGN SRL
VIA B. RICASOLI, 2/2
16156 GENOVA
TEL. 010/6972.471

MANUALE D'USO

P2006_68_MU_BLL-001 BLP-001_1.1

REVISIONE N°	1.1	DEL	27/09/2006	PAG.	1	DI	8
--------------	-----	-----	------------	------	---	----	---

SCHEDE CONTROLLO BRUSHLESS BLL E BLP

MANUALE D'USO P2006_68


Rev.	Redatto da		Data	Approvato da		Data
	Funzione	Firma		Funzione	Firma	
1.1	PGD	G. ZINI	27/09/2006	DIR	B.BONINO	27/09/2006



P2006 68 MU BLL-001 BLP-001 1.1

PAG.	2	DI	8
------	---	----	---

[illegible]

	MICRO DESIGN SRL VIA B. RICASOLI, 2/2 16156 GENOVA TEL. 010/6972.471	MANUALE D'USO P2006_68_MU_BLL-001 BLP-001_1.1					
REVISIONE N°	1.1	DEL	27/09/2006	PAG.	3	DI	8

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
2	ALIMENTAZIONE DEL SISTEMA.....	4
3	PROTEZIONI E CONDIZIONI DI ERRORE	5
4	MODULAZIONE PWM	6
5	APPENDICE: TABELLA DI COMANDO DELLE FASI	7
6	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	8



1 Introduzione

Le schede BLL-001 e BLP-001 permettono di realizzare un sistema di controllo per due motori di tipo "brushless". Tuttavia le dimensioni molto ridotte delle schede rispetto alle alte potenze in gioco impongono una certa cautela nella realizzazione del firmware di comando delle schede stesse. Il presente documento ha lo scopo di sottolineare i punti più importanti che devono essere rispettati nella realizzazione del firmware e nell'uso dei motori, per non incorrere in malfunzionamenti o in guasti potenzialmente distruttivi. Si presuppone che la scheda BLP-001 sia dotata di una aletta di raffreddamento a bassa resistenza termica sulla quale siano montati (con isolamento elettrico) i MOSFET di pilotaggio dei motori e che tale aletta sia in grado di trasferire il calore prodotto durante il funzionamento ad un ulteriore dissipatore in modo da mantenere la temperatura delle giunzioni al di sotto del massimo consentito.

2 Alimentazione del sistema

Le schede BLL-001 e BLP-001 richiedono una alimentazione con le seguenti caratteristiche:

- 1) La tensione nominale deve essere compresa fra 24V e 48V continui. E' possibile una ulteriore tolleranza fino al 20% della tensione nominale, tuttavia è indispensabile che l'alimentazione non scenda mai al di sotto dei 19Vcc se non durante i transitori di accensione e spegnimento. Per questo motivo è necessario valutare attentamente il carico previsto con i motori a pieno regime od eventualmente in stallo, per dimensionare adeguatamente la potenza e il tipo di alimentatore adottato.
- 2) Durante il funzionamento l'assorbimento in corrente delle schede BLL-001 e BLP-001 è essenzialmente dovuto alla potenza erogata ai due motori. Il parametro K_m (motor constant), specifico per ciascun tipo di motore, permette di stimare approssimativamente tale corrente in funzione della coppia massima T_P resa al carico meccanico in condizioni di stallo. La potenza elettrica richiesta vale allora:

$$P_m \approx \left(\frac{T_P}{K_m} \right)^2$$

Considerando un' efficienza complessiva di circa il 70%, la potenza richiesta all'alimentazione, e di conseguenza la corrente assorbita, valgono circa:

$$P_{SS} \approx \frac{P_m}{0.7} \quad I_{SS} \approx \frac{P_{SS}}{V_{SS}}$$

Con i motori Kollmorgen RBE-01211, per esempio, sono possibili valori di P_{SS} superiori a 370W di picco (corrispondenti a 7.7A @ 48V), per ogni motore. Naturalmente il sistema di alimentazione deve essere adeguato per erogare tutta la potenza richiesta da tutti i motori che devono operare contemporaneamente.

- 3) I costruttori di alimentatori commerciali normalmente non specificano la capacità di mantenere la tensione di uscita nominale in presenza di una forte variazione del carico elettrico. Questo è particolarmente vero per gli alimentatori di tipo "switch-mode" che, per le proprie particolarità costruttive, sono piuttosto carenti su questa caratteristica. Nel controllo dei motori brushless si possono avere variazioni del carico elettrico del 100% in meno di 1ms, queste variazioni possono mandare in crisi anche alimentatori di ottima qualità costruttiva. Una soluzione possibile è quella di aggiungere condensatori in parallelo all'alimentazione, in modo da creare un serbatoio di carica pronto a intervenire durante i transitori. Il valore ottimale di tale capacità dipende strettamente dalle caratteristiche dell'alimentatore e deve essere determinato sperimentalmente per ogni motore. Sono possibili valori compresi fra 500μF e 50000μF in dipendenza dal numero di motori in accelerazione e/o decelerazione contemporanea.



Per attenuare parzialmente il problema è possibile adottare soluzioni "software", limitando le accelerazioni e le decelerazioni dei motori, controllando attentamente la corrente negli avvolgimenti ed evitando di variare la velocità di troppi motori contemporaneamente.

- 4) I motori brushless controllati in PWM possono generare notevoli disturbi EMI, tali da influenzare altre apparecchiature elettroniche vicine. Si consiglia di "distribuire" il più possibile le capacità consigliate al punto precedente in modo che ogni scheda BLP-001 abbia almeno un condensatore da 100µF/63VL nelle immediate vicinanze (meno di 30mm) dei suoi morsetti di alimentazione.

3 Protezioni e condizioni di errore

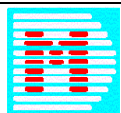
Il firmware di controllo delle schede BLL-001 e BLP-001 deve sempre attivare e verificare tutti i segnali di fault forniti dall'hardware ed effettuare tutti i controlli delle varie condizioni di errore. Ovviamente, durante le prime fasi di sviluppo del firmware, ci saranno necessariamente dei momenti in cui la gestione dei fault è solo parziale o non funzionante, pertanto si consiglia di attenersi alle seguenti indicazioni:

- 5) Le prime fasi di sviluppo del software devono avvenire senza motore collegato. Si può usare un carico fittizio "leggero" (per esempio 3 resistenze da 100Ω di opportuna potenza collegate a stella). Il primo modulo di programma sviluppato e verificato deve essere proprio quello che abilita i segnali di FAULT collegati al microcontroller.
- 6) Un alimentatore limitato in corrente (inizialmente a 1A, poi si può aumentare) è utile per evitare danni in caso di errore del firmware, ma *soltanto se la protezione sul segnale UVLO (under-voltage lockout, segnali FAULTA0 e FAULTB0) è attiva e funzionante*. Altrimenti i "buchi" di tensione dovuti alla limitazione possono provocare danni notevoli a causa della non corretta accensione dei transistor di potenza.
- 7) Quando si fanno le prime prove con i motori collegati, tutte le protezioni UVLO, OVL1 e OVL2 devono essere sempre attive e funzionanti. Le condizioni di FAULT devono provocare il blocco permanente delle uscite PWM: *il ripristino deve richiedere un intervento manuale*. Si raccomanda di non usare assolutamente il ripristino automatico.
- 8) E' necessario assicurarsi che l'eventuale sistema di emulazione/debug utilizzato non possa in nessun modo bloccare il funzionamento dei segnali di FAULT.
- 9) E' bene mettere a punto al più presto anche le parti di software destinate al controllo analogico della corrente nel ponte e nel motore. Le prove a piena potenza dei motori devono essere fatte con tutti i controlli analogici attivi e funzionanti. Si ricorda che la corrente I_{SS} misurata dal sistema analogico è quella media assorbita dall'alimentazione, e non quella I_{MOT} circolante nel motore. Le due correnti sono approssimativamente legate dalla seguente relazione:

$$I_{MOT} \approx \frac{I_{SS}}{\Delta_{PWM}}$$

dove Δ_{PWM} rappresenta il fattore di modulazione PWM (compreso fra 0 e 1). La relazione è valida per valori elevati di I_{SS} .

- 10) Si consiglia di inserire anche un controllo sulle fasi rilevate dai sensori di Hall: condizioni permanenti di "LOW" o di "HIGH" devono essere considerate errore grave (possibile distacco o malfunzionamento di uno o più sensori) e devono provocare lo spegnimento delle uscite PWM. La condizione di "salto di fase", ovvero il passaggio da una fase a un'altra non consecutiva, deve essere segnalata in quanto indice di un malfunzionamento o di eccessivo "rumore elettrico".



4 Modulazione PWM


L'hardware interno del microcontroller DSP56F807 gestisce autonomamente i diversi dettagli della modulazione PWM. Tuttavia è bene sottolineare i seguenti punti:

- 11) Il modo corretto di modulazione è quello definito "complementary PWM" che garantisce un opportuno tempo morto fra l'accensione dei transistor TOP e BOTTOM del ponte di comando dei motori. Il dead-time dovrebbe valere circa 100ns. La frequenza di modulazione dovrebbe essere la più alta possibile, compatibilmente con le perdite di potenza dovute alla commutazione dei transistor e alle correnti parassite nelle parti magnetiche del motore. Si possono provare valori compresi fra 50kHz e 200kHz fino a trovare il punto di massima efficienza (ovvero di minore assorbimento sull'alimentazione a parità di potenza meccanica resa).
- 12) Il circuito di comando del transistor TOP richiede che l'accensione sia impulsiva e che sia sempre immediatamente preceduta dall'accensione del transistor BOTTOM. Questo significa che si deve assolutamente evitare la condizione di "transistor TOP sempre acceso". In altre parole non è possibile una modulazione PWM al 100%. Il software deve controllare il limite massimo di modulazione tenendo conto anche del dead-time. Una modulazione non corretta può danneggiare la scheda.
- 13) In ogni fase di rotazione del motore soltanto una coppia di transistor TOP/BOTTOM deve essere modulata in PWM. Una seconda coppia deve avere il solo transistor BOTTOM in conduzione mentre la terza coppia deve avere entrambi i transistor interdetti. Le tabelle in Appendice 5 riportano le corrette sequenze di accensione dei transistor.
- 14) Come suggerito nel precedente punto 3) è opportuno che il firmware eserciti un controllo sulla modulazione PWM in modo da rendere impossibile una variazione eccessiva in tempi troppo brevi. Il metodo più semplice può essere quello di incrementare o di decrementare il fattore di modulazione PWM con una rampa a pendenza costante. In alternativa si può realizzare un controllo in feedback sulla corrente del motore.
E' bene sottolineare che è inutile, anzi dannoso, tentare di ottenere dal motore una coppia meccanica superiore a quella indicata dal costruttore: in cambio di un incremento di prestazioni del tutto irrilevante, si rischia soltanto di ottenere il surriscaldamento degli avvolgimenti e la demagnetizzazione del rotore.
- 15) In prima approssimazione il fattore di modulazione PWM dipende soltanto dalla tensione di alimentazione V_{SS} e dalla velocità di rotazione (a regime) del motore ω_{RPM} . Infatti si ha:

$$\Delta_{PWM} \approx \frac{K_B \cdot \omega_{RPM}}{V_{SS}}$$

dove K_B rappresenta la costante di "back-EMF" dipendente dal numero di spire degli avvolgimenti dello statore. Si consiglia di scegliere il motore in modo che la modulazione PWM assuma un valore intorno al 50% o 60% per la velocità di rotazione prevista, garantendo perciò un adeguato margine per le accelerazioni transitorie.

Una scelta errata del parametro K_B può costringere il sistema di regolazione a lavorare con modulazioni PWM troppo vicine agli estremi, con evidente perdita di prestazioni e/o di efficienza.

	MICRO DESIGN SRL VIA B. RICASOLI, 2/2 16156 GENOVA TEL. 010/6972.471	MANUALE D'USO P2006_68_MU_BLL-001 BLP-001_1.1					
REVISIONE N°	1.1	DEL	27/09/2006	PAG.	7	DI	8

5 APPENDICE: Tabella di comando delle fasi

Accelerazione in senso orario

Hall X	Hall Y	Hall Z	Phase X		Phase Y		Phase Z		Angle	Table values	
			PXH (top)	PXL (bottom)	PYH (top)	PYL (bottom)	PZH (top)	PXL (bottom)		Mask Output Control Enable	Mask Output Control
0	0	0	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	n.a.	3F _H	00 _H
1	0	0	PWM	PWM	Disable	Enable	Disable	Disable	0°	3C _H	08 _H
1	1	0	PWM	PWM	Disable	Disable	Disable	Enable	60°	3C _H	20 _H
0	1	0	Disable	Disable	PWM	PWM	Disable	Enable	120°	33 _H	20 _H
0	1	1	Disable	Enable	PWM	PWM	Disable	Disable	180°	33 _H	02 _H
0	0	1	Disable	Enable	Disable	Disable	PWM	PWM	240°	0F _H	02 _H
1	0	1	Disable	Disable	Disable	Enable	PWM	PWM	300°	0F _H	08 _H
1	1	1	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	n.a.	3F _H	00 _H


Accelerazione in senso antiorario

Hall X	Hall Y	Hall Z	Phase X		Phase Y		Phase Z		Angle	Table values	
			PXH (top)	PXL (bottom)	PYH (top)	PYL (bottom)	PZH (top)	PXL (bottom)		Mask Output Control Enable	Mask Output Control
0	0	0	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	n.a.	3F _H	00 _H
1	0	0	Disable	Enable	PWM	PWM	Disable	Disable	0°	33 _H	02 _H
1	1	0	Disable	Enable	Disable	Disable	PWM	PWM	60°	0F _H	02 _H
0	1	0	Disable	Disable	Disable	Enable	PWM	PWM	120°	0F _H	08 _H
0	1	1	PWM	PWM	Disable	Enable	Disable	Disable	180°	3C _H	08 _H
0	0	1	PWM	PWM	Disable	Disable	Disable	Enable	240°	3C _H	20 _H
1	0	1	Disable	Disable	PWM	PWM	Disable	Enable	300°	33 _H	20 _H
1	1	1	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	n.a.	3F _H	00 _H

NOTE: PWM: I transistor TOP e BOTTOM sono comandati con una modulazione in modo complementare.

ENABLE: Solo il transistor BOTTOM è in conduzione non modulata.

DISABLE: I transistor TOP e BOTTOM sono entrambi interdetti.

 <p>MICRO DESIGN SRL VIA B. RICASOLI, 2/2 16156 GENOVA TEL. 010/6972.471</p>	<p align="center">MANUALE D'USO P2006_68_MU_BLL-001 BLP-001_1.1</p>		
<p>REVISIONE N° 1.1</p>	<p>DEL 27/09/2006</p>	<p>PAG. 8</p>	<p>DI 8</p>

6 Riferimenti bibliografici

Si raccomanda la consultazione dei seguenti riferimenti bibliografici:

1. **"DSP56F801/803/805/807 16-Bit Digital Signal Processor User's Manual"**,
Motorola/Freescale doc. n. DSP56F801-7UM/D Rev. 3.0.
2. **"DSP56F80x Rev. 3.0 Addendum"**,
Motorola/Freescale doc. n. DSP56F801-7UMAD/D Rev. 7.0, 1/29/2003.
3. **"Preliminary Technical Data - DSP56F807 16-bit Digital Signal Processor"**,
Motorola/Freescale doc. n. DSP56F807/D Rev. 7.0, 1/2002.
4. **"Chip Errata - DSP56F807 16-bit Signal Processor"**,
Motorola/Freescale doc. n. DSP56F807E/D Rev. 9.0, 1/2003.
5. **"3-Phase BLDC Motor Control with Hall Sensors using DSP56F80x"**,
Motorola/Freescale doc. n. AN1916/D Rev. 1.0, 9/02.
6. **"3-Phase BLDC Motor Control with Quadrature Encoder using DSP56F80x"**,
Motorola/Freescale doc. n. AN1915/D Rev. 0, 9/02.
7. **"M95160, M95080 16/8 Kbit Serial SPI Bus EEPROM With High Speed Clock"**,
Rev. 1.1, STMicroelectronics.
8. **"LM2591HV SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150 kHz 1A Step-Down Voltage Regulator "**, DS101293 August 2001, National Semiconductor.
9. **"LM2675 SIMPLE SWITCHER® Power Converter High Efficiency 1A Step-Down Voltage Regulator"**, DS012803 May 2001, National Semiconductor.
10. **"LM5100A/LM5101A 3.0 Amp High Voltage High Side and Low Side Driver"**,
DS201240 December 2004, National Semiconductor.
11. **"FQD30N06L/FQU30N06L QFET Datasheet"**,
Rev. A1. May 2001, Fairchild semiconductor.